



U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE  
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

TRANSMITTAL OF PRIORITY  
DOCUMENT

Docket Number:  
**10191/1614**

Conf. No.  
**3872**

Application Number  
**09/720,720**

Filing Date  
**February 28, 2001**

Examiner  
**Tran, Binh X.**

Art Unit  
**1765**

Invention Title  
**METHOD FOR REMOVING DEFECTS  
FROM SILICON BODIES BY A  
SELECTIVE ETCHING PROCESS**

Inventor(s)  
**SPITZ et al.**

Commissioner for Patents  
P. O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this correspondence is being deposited  
with the United States Postal Service with sufficient  
postage as first class mail in an envelope addressed to:  
Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria,  
VA 22313-1450 on

Date: 2/21/07

Signature: Tesha Ramos  
Tesha Ramos

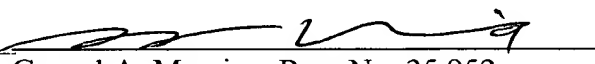
SIR:

A claim to the Convention Priority Date pursuant to 35 U.S.C. § 119 of German Application No. 199 19 471.8 filed on April 29, 1999 in the Federal Republic of Germany was previously made. To complete the claim to the Convention Priority Date, a certified copy of the priority application is enclosed.

No fee is believed to be required. However, if a fee is required, the Commissioner is authorized to charge Deposit Account 11-0600, of Kenyon & Kenyon LLP.

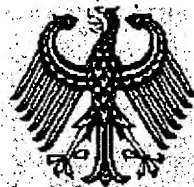
Dated:

2/21/07

  
Gerard A. Messina, Reg. No. 35,952

KENYON & KENYON LLP  
One Broadway  
New York, N.Y. 10004  
(212) 425-7200 (telephone)  
(212) 425-5288 (facsimile)  
Customer No. 26646

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung DE 199 19 471.8 über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 199 19 471.8

**Anmeldetag:** 29. April 1999

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Beseitigung von Defekten von Siliziumkörpern durch selektive Ätzung

**IPC:** H 01 L 21/306

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der Teile der am 29. April 1999 eingereichten Unterlagen dieser Patentanmeldung unabhängig von gegebenenfalls durch das Kopierverfahren bedingten Farbabweichungen.

München, den 9. Januar 2007  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

  
Stremme

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

26.04.99 Kut/Mv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Beseitigung von Defekten von Siliziumkörpern durch selektive Ätzung

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beseitigung von Ausbrüchen, Verunreinigungen und/oder Schäden am Kristallgitter durch selektive Ätzung von Siliziumkörpern, insbesondere von oberflächlich metallisierten Teilen eines Siliziumwafers, nach der Gattung des Anspruches 1.

20

**Stand der Technik**

25

30

Bei der Herstellung von Siliziumleistungsdioden ist bekannt, aus einem Siliziumwafer, der beidseitig zur Erzeugung eines pn-Überganges über ganzflächige Dotierschritte mit einer n- bzw. p-Dotierung und nachfolgend beidseitig mit einer ganzflächigen Metallisierung versehen ist, vereinzelt Einzeldioden auszuschneiden, indem der gesamte Wafer zunächst in etwa 5 x 5 mm<sup>2</sup> große Quadrate oder Sechsecke zersägt wird, und die ausgesägten, derart vereinzelt Siliziumflächendioden anschließend geeignet aufgebaut und elektrisch kontaktiert werden. Die Dotierung und Metallisierung des Siliziumwafers erfolgt dabei in an sich bekannter Weise, wobei die Oberflächenmetallisierung beispielsweise aus einer Chrom-Nickel-Vanadium-Silber-Legierung (CrNiVAg) besteht.

35

Durch den Sägevorgang, der erforderlich ist, um aus dem Siliziumwafer Einzeldioden herzustellen, kommt es vielfach zu unregelmäßigen Ausbrüchen an der Sägekante, zu Verunreinigungen und zu Schäden am Kristallgitter, so daß die pn-Übergänge in den ausgesägten Einzeldioden teilweise oder bereichsweise beschädigt sind. Diese Schädigung hat dann erhöhte Leckströme zur Folge, was die erzeugte Diode in diesem Stadium letztlich unbrauchbar macht.

Aus diesem Grund muß bei bekannten Herstellungsverfahren derartiger Siliziumleistungsdioden nach dem Sägen eine naßchemische Überätzung der Dioden erfolgen, wobei die beschädigten Siliziumbereiche abgetragen werden, so daß im Bereich der pn-Übergänge ein möglichst intaktes Kristallgitter wiederhergestellt wird.

Im Anschluß an den erfolgten chemischen Ätzabtrag der beschädigten Siliziumbereiche wird dann eine Passivierung der freiliegenden Siliziumkante vorgenommen, um die pn-Übergänge vor Umwelteinflüssen zu schützen und eine erneute Verschlechterung der elektronischen Eigenschaften über die Lebenszeit der Diode zuverlässig zu verhindern. Letzere Aufgabe ist nach dem heutigen Stand der Technik als gelöst zu betrachten.

Für den Ätzabtrag der beschädigten Siliziumbereiche an der Sägekante existieren jedoch derzeit keine befriedigenden Lösungen. Die naßchemische Ätzung, wie sie momentan vielfach durchgeführt wird, bringt aufgrund ihrer ausgeprägten Dotierungsselektivität beispielsweise ungünstige Ätzprofile mit erhöhter elektrischer Durchbruchgefahr und infolge von gelegentlichen Rückständen bei der Ätzung auch Ausbeutenachteile mit sich. Zudem verringert sich durch das beim naßchemischen Ätzen erzeugte Ätzprofil auch die mechanische Stabilität der Diode.

Weiterhin werden bei den derzeit bekannten Verfahren erst die fertig montierten Dioden der wäßrigen Ätzlösung ausgesetzt, was ein aufwendiges Handling für die Einzeldioden involviert.

5 Zusammenfassend lassen sich also die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zum Überätzen von aus einem Siliziumwafer ausgesägten Siliziumkörper durch folgende Verfahrensschritte beschreiben:

10 Naßchemisches Ätzen der ausgesägten Siliziumkörper bzw. Dioden, Montage der Dioden, Eintauchen der montierten Dioden in Ätzkörben in Ätzbecken, Neutralisation der Ätzlösung und nachfolgende ausgiebige Spülung und Trocknung der Dioden.

15 Als Hilfsstoffe werden bei den bekannten Verfahren eine Ätzlösung, eine Neutralisationslösung sowie Wasserstoffperoxid benötigt, was neben hohen Umweltschädigungen aufgrund der verwendeten Stoffe mit einem hohen Energieverbrauch und Verbrauch von deionisiertem Wasser verbunden ist. So findet das Naßätzen beispielsweise bei Temperaturen oberhalb von 90° C statt und es ist  
20 eine Spülkaskade zur anschließenden Reinigung der geätzten montierten Dioden erforderlich.

#### Vorteile der Erfindung

25 Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruches hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, daß damit Siliziumkörper, insbesondere oberflächlich metallisierte ausgesägte Teile eines Siliziumwafers mit einem gasförmigen Ätzmedium, das über eine chemische Reaktion selektiv  
30 nahezu ausschließlich Silizium ätzt, wobei gasförmige Reaktionsprodukte entstehen, geätzt werden können. Während dieser selektiven Ätzung werden gleichzeitig insbesondere oberflächliche Ausbrüche und/oder Verunreinigungen und/oder Schäden am Kristallgitter der Siliziumkörper beseitigt. Das erfindungsgemäße

Verfahren eignet sich weiter vorteilhaft zum Abtrag beschädigter Siliziumzonen von insbesondere ausgesägten Siliziumkörpern, wie sie beispielsweise bei der Herstellung von Silizium-Leistungsdioden auftreten. Es ist zuverlässig, kostengünstig und überwindet die bekannten Nachteile flüssiger Ätzmedien.

Daneben ist es besonders vorteilhaft, daß es sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren um einen sogenannten „Batch-Prozeß“ bzw. einen Prozeß auf Waferlevel handelt. Somit ist sehr vorteilhaft kein Einzelchip-Handling erforderlich, das heißt, es können gleichzeitig alle ausgesägten Siliziumkörper bzw. -chips eines Wafers gleichzeitig geätzt werden, was mit deutlich geringerem Platzbedarf und nur einem Prozeß- bzw. Handlungsschritt verbunden ist. Natürlich ist es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bei entsprechenden Erfordernissen aber auch weiterhin möglich, wie bisher fertig montierte Einzeldioden zu überätzen. In diesem Fall wird lediglich das an sich bekannte Naßätzen durch ein Ätzen mit einem gasförmigen Ätzmedium ersetzt.

Weiter ist vorteilhaft, daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur selektiven Ätzung keine Flüssigkeit involviert ist, so daß eine saubere Gasphasenätzung der insbesondere ausgesägten Siliziumkörper erzielt wird. Überdies weist das erfindungsgemäße Verfahren auch eine geringe Selektivität gegenüber Dotierkonzentrationen auf, so daß vorteilhafte Ätzkantenprofile entstehen und insbesondere ein sogenannter „Borbalkon“ an den ausgesägten und überätzten Dioden vermieden wird, was gleichzeitig mit höherer mechanischer Stabilität und einer Verringerung von Ausfallraten verbunden ist.

Sehr vorteilhaft ist weiterhin die selektive Entfernung beschädigter Siliziumzonen, von Ausbrüchen oder Verunreinigungen, sowie die planarisierende Wirkung des erfindungsgemäßen Verfahrens. So wird aufgrund der hohen Selektivität des verwendeten

gasförmigen Ätzmediums und der damit an der Oberfläche des Siliziumkörpers durchgeführten chemischen Reaktion, sowie insbesondere der Selektivität dieser Reaktion auf Beschädigungen in diesen Zonen, ein insgesamt deutlich höherer Ätzabtrag ermöglicht, wobei beschädigte Stellen, insbesondere im Kantenbereich der ausgesägten Siliziumkörper, automatisch stärker geätzt werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

So bietet das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, daß die Ätzraten, beispielsweise über die Zusammensetzung des gasförmigen Ätzmediums, gezielt einstellbar sind. Auf diese Weise ist es einerseits möglich, bei Bedarf geringe Ätzabtragsraten einzustellen, was zu einer höheren Reproduzierbarkeit und damit zu einer insgesamt geringeren Prozeßzeit führt. Andererseits ist es jedoch auch möglich, sehr hohe Ätzraten, insbesondere beim Einsatz von Chlortrifluorid bzw. Bromtrifluorid, einzustellen und somit die eigentliche Ätzzeit wesentlich zu verkürzen.

Die sehr hohe Selektivität des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber Nicht-Silizium ist durch eine oberflächenkatalytische Initiierung der Ätzreaktion bedingt, so daß sich überdies vorteilhaft sehr viele Materialien als Ätzmaske eignen.

Somit kann beispielsweise selbst eine oberflächliche Metallisierung des Siliziumwafers, die als spätere Diodenmetallisierung dient, als Ätzmaske während des Ätzvorgangs mit dem gasförmigen Ätzmedium dienen, ohne dabei selbst nennenswert angegriffen zu werden. In diesem Zusammenhang ist es auch vorteilhaft, daß eine verwendete Sägefolie und eine aufgebrachte Adhäsionsschicht zwischen dieser Sägefolie und dem darauf befestigten Siliziumwafer aufgrund der hohen Selektivität des Ätzmediums gegenüber Nicht-Silizium ebenfalls nicht wesentlich angegriffen wird. Im übrigen

kann als zusätzlicher Schutz der Oberflächenmetallisierung des Siliziumwafers vorteilhaft zusätzlich in an sich bekannter Weise auch eine Lackschicht, beispielsweise durch Aufschleudern, ganzflächig aufgebracht werden.

5

Bei den für das erfindungsgemäße Verfahren geeigneten Interhalogen- oder Fluor-Edelgasverbindungen ist überdies bei geeigneten Prozeßbedingungen sichergestellt, daß kein freies Chlor, Brom oder Jod auftritt, so daß lediglich ein sehr geringes Risiko einer Korrosion nach der Durchführung des Ätzverfahrens besteht.

10

Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen in dem geringen Energieverbrauch, da kein Aufheizen beispielsweise der Dioden oder Ätzbäder erforderlich ist, in einem geringen Chemikalienverbrauch und seiner Umweltverträglichkeit. So können beispielsweise entstehende Abgase durch eine Nachbehandlung sehr leicht unschädlich entsorgt werden, so daß kein Sondermüll entsteht. Dazu eignet sich vorteilhaft ein Waschen der Abgase in Kalkwasser d.h. einer wäßrigen Calciumhydroxidlösung in einem sogenannten „Gaswäscher“ ( $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HF} \rightarrow \text{CaF}_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ )

15

20

Als Ätzmedium eignet sich besonders gasförmiges oder in die Gasphase überführtes Chlortrifluorid, Bromtrifluorid, Iodpentafluorid, Xenondifluorid oder eine Mischung dieser Verbindungen. In diesem Fall entsteht als Reaktionsprodukt beispielsweise Siliziumtetrafluorid.

25

#### Ausführungsbeispiele

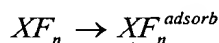
30

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Beseitigung von Schäden, Ausbrüchen, Verunreinigungen oder Schäden am Kristallgitter von Siliziumkörpern durch selektive Ätzung von Silizium wird allgemein die Eigenschaft gewisser Fluorverbindungen, sogenannter Interhalogene oder Fluoredelgasverbindungen, ausgenutzt, Silizium



spontan, das heißt durch Kontakt zwischen der Fluorverbindung und Silizium zu ätzen, wobei dieser Ätzangriff aus der Gasphase erfolgt und gasförmige Reaktionsprodukte entstehen. Dazu wird beispielsweise eine siliziumätzende Fluorverbindung gasförmig einer Reaktionskammer eines an sich bekannten Reaktors zugeführt, in der die zu ätzenden Siliziumkörper zuvor eingebracht wurden. Durch Adsorption der Gasmoleküle des gasförmigen Ätzmediums auf den zugänglichen Siliziumoberflächen kommt es dabei zu einer spontanen, oberflächenkatalytischen Aufspaltung des verwendeten Ätzmediums unter Freisetzung von Fluorradikalen, welche mit dem Silizium zu einem flüchtigen Produkt, beispielsweise  $\text{SiF}_x$  ( $x = 2, 3, 4$ ), reagieren. Das bekannteste Reaktionsprodukt einer derartigen Reaktion ist beispielsweise das stabile Siliziumtetrafluorid  $\text{SiF}_4$ . Der an sich bekannte Mechanismus kann dabei wie folgt beschrieben werden, wobei X für Cl, Br, I oder Xe steht und n die Anzahl der Fluoratome in der jeweiligen Verbindung ist:

1. Adsorption:



2. oberflächenkatalytische Zersetzung:  $\text{XF}_n^{\text{adsorb}} \rightarrow \text{XF}_{n-1}^{\text{adsorb}} + \text{F}^{\text{*,adsorb}}$

3. chemische Umsetzung:  $\text{Si} + x\text{F}^{\text{*,adsorb}} \rightarrow \text{SiF}_x$  ( $x = 1, 2, 3, 4$ )

4. Desorption der Reaktionsprodukte:  $\text{SiF}_x \rightarrow \text{SiF}_x \uparrow$  ( $x = 2, 3, 4$ )

insbesondere:  $\text{Si} + 4\text{F}^{\text{*,adsorb}} \rightarrow \text{SiF}_4 \uparrow$

Beispiele von geeigneten Verbindungen der Art  $\text{XF}_n$  sind die Interhalogenverbindungen Chlortrifluorid, Bromtrifluorid und Iodpentafluorid sowie das Edelgasfluorid Xenondifluorid. Die Verbindungen Chlortrifluorid und Bromtrifluorid sind dabei in der Halbleiterindustrie an sich bekannt und werden dort im we-

sentlichen zur Waferreinigung oder Reinigung von Waferbehandlungsvorrichtungen eingesetzt.

5 Während es sich beim Chlortrifluorid und beim Bromtrifluorid um Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck von 1 bar bei 150°C handelt, ist Iodpentafluorid eine zähe Flüssigkeit und Xenondifluorid ein Feststoff mit einem Dampfdruck von ca. 20 mbar bzw. 2 mbar bei 15°C. Somit können Chlortrifluorid und Bromtrifluorid durch ihren hohen Dampfdruck direkt aus einer Gasflasche entnommen werden, während Iodpentafluorid und Xenondifluorid zunächst erst durch eine geeignete Verdampfvorrichtung und bevorzugt unter Einsatz erhöhter Temperatur in die Gasphase überführt werden müssen. Im Falle des flüssigen Iodpentafluorids wird dazu bevorzugt ein sogenannter „Bubbler“ verwendet, in dem die Flüssigkeit mit einem Inertgas, beispielsweise Helium, als Trägergas „gebubbelt“ wird und das Gasgemisch anschließend in die Reaktionskammer geleitet wird.

20 Bei den Interhalogenverbindungen Chlortrifluorid und Bromtrifluorid erfolgt der Abbau in einem ersten Reaktionsschritt der Ätzreaktion unter Freisetzung von Fluorradikalen bis zum stabilen Chlorfluorid ( $\text{ClF}$ ) bzw. zum instabilem Bromfluorid ( $\text{BrF}$ ), wobei jeweils zwei Fluorradikale generiert werden.

25 Beim Iodpentafluorid erfolgt der Übergang zunächst bis zum relativ stabilen Iodtrifluorid, während beim Edelgasfluorid Xenondifluorid elementares Xenon neben den beiden Fluorradikalen gebildet wird.

30 Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als Ausführungsbeispiel zunächst von einem Siliziumwafer ausgegangen, aus dem Siliziumleistungsdioden hergestellt werden sollen, und der einseitig über einen ganzflächigen Dotierschritt in an sich bekannter Weise mit einer n-Dotierung und einseitig über

einen ganzflächigen Dotierschritt in an sich bekannter Weise mit einer p-Dotierung versehen wurde. Dadurch bildet sich im Inneren des Siliziumwafers ganzflächig ein pn-Übergang aus. Danach wurde der derart vorbehandelte Wafer beidseitig mit einer an sich be-

5 kannten ganzflächigen Metallisierung aus CrNiVAg versehen.

Dieser Siliziumwafer wird nun auf einer an sich bekannten, kommerziell erhältlichen flexiblen Sägefolie, beispielsweise aus Polyvinylchlorid (PVC) oder Polycarbonat, mittels einer darauf

10 befindlichen Adhäsionsschicht befestigt, und über einen Sägevorgang in an sich bekannter Weise in etwa 5 x 5 mm<sup>2</sup> große Siliziumkörper in Form von Quadraten oder Sechsecken zersägt, die nach Abschluß des Herstellungsverfahrens als Siliziumleistungsdioden eingesetzt werden.

15 Nach dem Zersägen des Wafers verbleiben die erzeugten ausgesägten Siliziumkörper dann erfindungsgemäß bevorzugt zunächst im Verbund auf der Sägefolie, so daß in diesem Verfahrensstadium keine Einzelchips entstehen, sondern stets ein ganzer Verbund

20 ausgesägter Siliziumkörper hantiert wird.

Zur mechanischen Stabilisierung wird die Sägefolie beim Sägen und im Laufe der weiteren Verfahrensschritte im übrigen bevorzugt mit ihrem Rand in einen festen Rahmen eingespannt, so daß

25 sie besonders leicht gegriffen und automatisch gehandhabt werden kann. Nach dem Zersägen des Wafers wird die Sägefolie bevorzugt dann zunächst expandiert, um den Abstand der Siliziumkörper zu vergrößern, und so dem im weiteren eingesetzten gasförmigen Ätzmedium, beispielsweise Chlortrifluorid, einen verbesserten Zutritt zu den Seitenwänden der einzelnen ausgesägten Siliziumkörper zu ermöglichen. Dazu wird bevorzugt ein sogenannter Expansionsrahmen als stabiler Rahmen für die Handhabung der ansonsten flexiblen Sägefolie verwendet.

30

In jedem Fall ist es wichtig, daß nach dem Sägen des Siliziumwafers und dem Expandieren der Sägefolie vor dem Ätzen eine sorgfältige Trocknung der herausgesägten Siliziumkörper durchgeführt wird. Damit wird gewährleistet, daß keine Feuchtigkeit in die Reaktionskammer des im weiteren zur Durchführung der eigentlichen selektiven Ätzung der Siliziumkörper verwendeten Reaktors eingetragen wird.

Es empfiehlt sich dazu, die Beladung der Reaktionskammer des Reaktors mit den auf der Sägefolie platzierten ausgesägten Siliziumkörpern im Waferverbund über eine Beladevorrichtung, beispielsweise eine Schleuse, vorzunehmen, die die Möglichkeit zur Evakuierung und Beheizung, beispielsweise eine Strahlungsheizung mit entsprechenden Lampen, beinhaltet.

Durch das Abpumpen der Beladevorrichtung auf Vakuum und die gleichzeitige Erwärmung des auf der Sägefolie befindlichen, in Siliziumkörper zersägten Wafers in der Beladevorrichtung, beispielsweise über eine Strahlungsheizung, werden Feuchtigkeitsreste besonders effizient entfernt, bevor der in Siliziumkörper zersägte Wafer dann in die eigentliche Reaktionskammer des Reaktors gelangt, in der nach Einleitung des gasförmigen Ätzmediums die erläuterte Ätzreaktion stattfindet. Die Anwesenheit von Feuchtigkeit würde Korrosionseffekte in diesem Stadium massiv fördern und ist daher unerwünscht.

Da die eingesetzten Ätzgase zur Freisetzung von Fluorradikalen einer oberflächenkatalytischen Zersetzung bedürfen, die nur im Rahmen der eigentlichen Ätzreaktion mit dem Silizium abläuft, besteht eine außerordentlich hohe Selektivität der Ätzreaktion gegenüber Nicht-Siliziummaterialien. Es ist daher in sehr einfacher Weise möglich, die Ätzbedingungen, beispielsweise durch die Wahl und die Konzentration des gasförmigen Ätzmediums, so einzustellen, daß weder Metalle noch Kunststoffe, sondern lediglich

Siliziumoberflächen von der verwendeten Ätzchemie in nennenswertem Umfang angegriffen werden.

5 Insofern genügen Metallschichten, insbesondere aufgebrachte Oberflächenmetallisierungen, und auch die verwendete Sägefolie bereits voll den Ansprüchen an eine Maskierung der Ätzreaktion, um nur eine durch den Sägevorgang beschädigte Sägekante, nicht aber die gesamte Siliziumoberfläche abzutragen. Falls ein zusätzlicher Schutz der Oberflächenmetallisierungen oder Metallschichten vor selbst geringen Ätzangriffen erforderlich ist, kann dies in einfacher Weise durch das zusätzliche, bevorzugt ganzflächige Aufbringen, insbesondere Aufschleudern, einer an sich bekannten Lackschicht auf die Oberfläche des Siliziumwafers erfolgen.

15 Nach dem Einbringen des auf der Sägefolie befestigten, getrockneten und gesägten Siliziumwafers in die Reaktionskammer des Reaktors wird in diese dann das gasförmige Ätzmedium eingelassen. Bei der Verwendung der Interhalogenverbindungen Chlortrifluorid bzw. Bromtrifluorid erfolgt dieser Einlaß über an sich bekannte Flußregler oder Drosselventile, wobei der Prozeßdruck vom Niederdruckbereich bzw. Vakuum bis in den Atmosphärendruckbereich reichen kann. Mit den beiden genannten Gasen ist beispielsweise ein Prozeß im Druckbereich von 0,1 bis 1000 mbar unter kontrollierten Flußbedingungen möglich.

25 Soll bei höheren Drücken prozessiert werden, ist es vorteilhaft, das Reaktivgas mit einem Inertgas, beispielsweise Helium, zu verdünnen. Durch eine Verdünnung mit Helium um einen Faktor 10 bis 100 läßt sich überdies die Ätzreaktion und die Ätzgeschwindigkeit sehr einfach kontrollieren und es wird die Aggressivität des verwendeten gasförmigen Ätzmediums reduziert, was auch einen möglichen chemischen Angriff auf Gasleitungen und das Innere der Reaktionskammer vermindert.

Durch einen Einsatz eines verdünnenden Inertgases ist es weiter möglich auch bei Atmosphärendruck zu arbeiten, indem der Partialdruck beispielsweise von Chlortrifluorid oder Bromtrifluorid durch entsprechende Verdünnung mit Helium auf einen Bereich von  
5 einigen 10 mbar beschränkt wird, was einerseits für eine möglichst hohe Ätzrate noch ausreichend ist, andererseits aber auch zu einem über den Zustrom der Ätzspezies gut zu kontrollierenden Ätzprozeß führt.

10 Im Fall einer Verwendung des Edelgasfluorids Xenondifluorid muß dieses zunächst aus einer Feststoffquelle thermisch sublimiert werden. In diesem Fall ist der Prozeßdruck beim Ätzen der ausgesägten Siliziumkörper somit auf den Dampfdruck des Xenondifluorids bei der gewählten Arbeitstemperatur, beispielsweise 2 mbar  
15 bei 20°C, beschränkt.

Wird Iodpentafluorid als Ätzmedium verwendet, ist dies zunächst in einem Verdampfer in die Gasphase zu überführen, was den Arbeitsdruck auf etwa 20 mbar beschränkt. Alternativ kann man jedoch auch einen sogenannten „Bubbler“ benutzen, um das flüssige Iodpentafluorid mit einem Inertgas, beispielsweise Helium, zu  
20 "bubbeln" und das derart verdünnte Gasgemisch der Reaktionskammer zuzuführen. Beide Vorgehensweisen sind dem Fachmann an sich bekannt.  
25

Nach der Einleitung des gasförmigen Ätzmediums in die Reaktionskammer erfolgt dann die eigentliche Ätzung der ausgesägten Siliziumkörper, wobei bevorzugt an der Sägekante speziell die beschädigten Bereiche der Kristallstruktur, das heißt sogenannte  
30 „damage zones“, abgetragen werden und eine Planarisierung der gesägten Oberflächen erfolgt.

Die dabei entstehenden gasförmigen Reaktionsprodukte aus der Reaktion des verwendeten gasförmigen Ätzmediums mit den Siliziumoberflächen werden entweder im Fall der Verwendung einer Durchflußanlage kontinuierlich abgepumpt oder reichern sich in einer einmalig befüllten und dann geschlossenen Reaktionskammer zunächst an, bis nach Abschluß der Ätzung der Siliziumkörper schließlich alles Gas aus der Reaktionskammer abgepumpt wird.

In jedem Fall ist sicherzustellen, daß durch genügend langes Abpumpen und einen genügend niedrigen Enddruck von bevorzugt weniger als 0,1  $\mu$ bar beim Abpumpen sichergestellt wird, daß sich keine Ätzgasreste mehr in der Reaktionskammer befinden, bevor die auf der Sägefolie befindlichen, aus dem Siliziumwafer ausgesägten Siliziumkörper wieder über die Schleuse oder die Beladevorrichtung aus der Reaktionskammer des Reaktors ausgeschleust werden.

Beim Ausschleusen ist es weiter zweckmäßig, daß auch in der Schleuse zwischen der Reaktionskammer und der umgebenden Atmosphäre ein Vakuum vorliegt. Dieses Vakuum hat bevorzugt einen Druck von weniger als 0,1  $\mu$ bar, was durch Einsatz einer Turbomolekularpumpe problemlos zu erreichen ist.

Dabei wird der auf der Sägefolie befestigte, in Siliziumkörper zersägte Wafer bevorzugt nach dem Ätzen in der Schleuse wieder, beispielsweise über eine Strahlungsheizung, erwärmt. Damit werden vor dessen Herausnahme aus der Schleuse möglichst weitgehend Reste von Ätzspezies d.h. heißt Reste des gasförmigen Ätzmediums oder Reste von gasförmigen Reaktionsprodukten von den ausgesägten überätzten Siliziumkörpern bzw. deren von der Ätzung betroffenen Oberflächen entfernt.

Derartige Reste, die an der Oberfläche des Siliziumkörpers verbleiben, würden an Luft durch die Einwirkung von Luftfeuchtigkeit zu Korrosionseffekten führen.

- 5 Nach dem Ausschleusen der prozessierten Siliziumkörper aus dem Reaktor werden diese schließlich einzeln von der Sägefolie aufgenommen und in an sich bekannter Weise als Dioden aufgebaut. Dabei werden im weiteren in an sich bekannter Weise die Siliziumkanten passiviert, um die Stabilität der pn-Übergänge und eine
- 10 hohe Performance der Silizium-Leistungsdioden über deren Lebensdauer zu garantieren.



26.04.99 Kut/Mv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Beseitigung von Defekten von Siliziumkörpern durch  
selektive Ätzung

**Patentansprüche**

15

1. Verfahren zur Beseitigung von Ausbrüchen, Verunreinigungen und/oder Schäden am Kristallgitter durch selektive Ätzung mindestens eines Siliziumkörpers, insbesondere von oberflächlich metallisierten ausgesägten Teilen eines Siliziumwafers, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Siliziumkörper zumindest bereichsweise mit einem gasförmigen Ätzmedium in Kontakt gebracht wird, das über eine chemische Reaktion selektiv Silizium ätzt, wobei während der Ätzung gasförmige Reaktionsprodukte entstehen.

20

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmedium eine gasförmige oder eine in die Gasphase überführte Interhalogenverbindung oder Fluoredelgasverbindung, insbesondere Chlortrifluorid, Bromtrifluorid, Iodpentafluorid, Xendifluorid oder eine Mischung dieser Verbindungen enthält.

30

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Reaktionsprodukt Siliziumtetrafluorid ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzen bei einem Druck von 0,1 mbar bis 1000 mbar erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das gasförmige Ätzmedium zur Kontrolle der Aggressivität des Ätzmediums und/oder der Ätzgeschwindigkeit mit einem Inertgas, insbesondere Helium, verdünnt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmedium oder ein Bestandteil des Ätzmediums mittels einer Feststoffquelle aus der festen Phase durch thermische Sublimation in die Gasphase überführt wird, oder mittels eines Bubblers durch Einleiten eines Inertgases aus der flüssigen Phase in die Gasphase überführt wird, oder aufgrund seines Dampfdruckes bei einer definierten Temperatur aus der flüssigen oder festen Phase in der Gasphase überführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Siliziumkörper oder eine Vielzahl von Siliziumkörpern vor der Ätzung aus einem Siliziumwafer ausgesägt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Siliziumwafer zunächst auf einem Tragkörper, insbesondere einer in einem Rahmen eingespannten Sägefolie, befestigt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Siliziumkörper nach dem Aussägen zunächst auf dem Tragkörper, insbesondere der Sägefolie, belassen und im Verbund mit dem Tragkörper hantiert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Sägefolie nach dem Aussägen der Siliziumkörper und vor der selektiven Ätzung zur Vergrößerung des Abstandes der Siliziumkörper expandiert wird, wobei der Rahmen als Expansionsrahmen für die Sägefolie eingesetzt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die ausgesägten Siliziumkörper vor der selektiven Ätzung, insbesondere durch Erwärmen über eine Strahlungsheizung im Vakuum bei einem Druck von weniger als 0,1  $\mu$ bar, getrocknet werden.

5

12. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzrate beim Ätzen des Siliziumkörpers über die Auswahl und/oder die Zusammensetzung des Ätzmediums und/oder die Ätztemperatur eingestellt wird.

10

13. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beim Ätzen entstehenden gasförmigen Reaktionsprodukte während und/oder nach der Ätzung der Siliziumkörper abgeführt werden.

15

14. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die geätzten Siliziumkörper nach dem Ätzen in einer Reaktionskammer in einer Schleuse unter Vakuum, insbesondere bei einem Druck von weniger als 0,1  $\mu$ bar, und bei erhöhter Temperatur von Resten des Ätzmediums oder von Resten von Reaktionsprodukten befreit werden.

20

15. Verwendung des Verfahrens nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche zur Kantenätzung von Leistungsdioden.

25

26.04.99 Kut/Mv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Beseitigung von Defekten von Siliziumkörpern durch  
selektive Ätzung

**Zusammenfassung**

15

20

25

Es wird ein Verfahren zur Beseitigung von Ausbrüchen, Verunreinigungen und/oder Schäden am Kristallgitter durch selektive Ätzung von Siliziumkörpern, insbesondere von oberflächlich metallisierten und ausgesägten Teilen eines Siliziumwafers, vorgeschlagen. Dabei werden die Siliziumkörper zumindest bereichsweise mit einem gasförmigen Ätzmedium in Kontakt gebracht, das über eine chemische Reaktion selektiv Silizium ätzt. Bei der Ätzung entstehen dabei gasförmige Reaktionsprodukte. Als Ätzmedium eignet sich besonders eine gasförmige oder eine in die Gasphase überführte Interhalogen- oder Fluoredelgasverbindung. Das vorgeschlagene Verfahren eignet sich besonders zur Herstellung von aus einem Wafer ausgesägten Leistungsdioden oder auch zum Überätzen fertig montierter Einzeldioden.